

Diseño De Un Ciclo De Potencia De Vapor Demostrado En La Turbina De Tesla

(Design Of A Cycle Of Steam Power Demonstrated In The Tesla Turbine)

Br. Gilberto Terán
Ing. Danis Hernández
Universidad Valle del Momboy
Departamento de Ciencias Industriales
hernandezd@uvm.edu.ve
Tlf: 0414-7271337
Valera-Venezuela
Marzo, 2009

RECIBIDO ABRIL 2009 ACEPTADO MAYO 2009

RESUMEN

El ciclo de potencia de vapor demostrado en la turbina de tesla, se centró dentro del tipo de investigación del método científico, utilizando un diseño de campo, cumpliéndose en las fases de: selección de la información, clasificación de la información, diseño, cálculos de la carga requerida, propuesta económica, síntesis y conclusiones. Por otra parte este permite observar el comportamiento del banco de prueba de un sistema de ciclo de potencia de vapor bajo ciertas condiciones de operación, donde se trabaja un flujo másico de 5 Kg. y la potencia de la resistencia de 650 W para obtener un tiempo de evaporación del agua y así generar una presión de vapor en el sistema que será usado para mover la Turbina de Tesla teniendo el trabajo de la bomba de 20, 26 kJ/kg con estos datos se lleva a una calidad de vapor del 71%, un calor de entrada de 2815,50 kJ/kg y calor de salida 1684,44 kJ/kg, el cual la eficiencia de la turbina es expresada en porcentaje es del 40,17% que es el necesario y el ideal ya que se trabaja con un ciclo Rankine. El proyecto adoptado para iniciar la investigación que responde a la necesidad de enlazar a sus estudiantes con herramientas no solo teórico, sino también práctico que ayuda a fortalecer su proceso de aprendizaje, para que de esta manera logre entender los fenómenos que ocurren en su entorno.

Palabras claves: banco de pruebas, flujo másico, calidad de vapor, turbina.

ABSTRACT

The cycle of steam power demonstrated in the Tesla Turbine is based on a scientific method that uses a phase field design. The phases are as follows: selection of the information, classification of the information, design of the process, calculations of the required steps, economic proposal, synthesis and conclusions. The simulation also shows how a cycle of steam power works under certain conditions of operation. In fact, working with a mass flow of 5 kg and a power resistance of 650W helps to obtain a time of evaporation of the water and generate a steam pressure in the system used to move the Tesla Turbine. Based on the data collected from a pump of 20, 26 kJ/kg, we can generate a steam quality of 71% with an entrance heat of 2815.50 kJ/kg and an exit heat of 1684.44 kJ/kg. The turbine efficiency represents a percentage of 40.17 which is ideal when using a Rankine cycle. The main goal of the project adopted for the investigation is to respond to the necessity to connect students with tools not only theoretical, but also practical that help reinforce their process of learning, thus helping them to understand and manage potential issues that can occur in the real world.

Key words: mass flow, steam quality, Rankine cycle, turbine.

INTRODUCCION

En la aplicación práctica de la energía mecánica basada en el uso de un líquido como vehículo de la energía que se ha demostrado que, con el fin de alcanzar la máxima economía, los cambios en la velocidad y la dirección de circulación del fluido debe ser lo más gradual posible. En el presente las formas de estos aparatos, más o menos repentinos cambios, los choques y las vibraciones son inevitables. Además del empleo de la habitual dispositivos para impartir a las veletas y palas, necesariamente introducir numerosos defectos y limitaciones y se suma a la complicación, los costos de producción y mantenimiento de la máquina

Ingenieros y hombres de ciencia de todo el mundo esperaban con interés inusual la realización de los ensayos de una nueva turbina de vapor diseñada por Nikola Tesla que inventó algunos de los nuevos y útiles mejoras en el líquido de propulsión, en que los experimentos preliminares indicaron que daba un enorme poder de un comparativamente pequeño y extremadamente ligero motor. Diez caballos de fuerza a una libra de peso ya se han desarrollado con los motores que han sido probados y los aficionados que han sido testigos de la labor de la turbina. ¿Hasta qué punto esto es cierto, el tiempo y la construcción de unidades más grandes que aún no han sido utilizados deben probar? En la actualidad, mientras que en la práctica fase experimental aún no ha sido aprobada, la totalidad de la ingeniería del

mundo está profundamente interesada en el trabajo que se ha hecho, y espera el desarrollo futuro con mucha preocupación.

La presente investigación, tiene como objetivo diseñar un ciclo de potencia de vapor demostrado en la turbina de Tesla para realizar ensayos en el laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Valle del Momboy del municipio Valera.

METODOS Y MATERIALES

Se constituye la revisión bibliográfica de temas relacionados con los ciclos de potencia de vapor, donde se extrajeron aquellos temas que sirvieron para esclarecer puntos específicos de la investigación como el marco teórico, antecedentes históricos de la investigación y algunas definiciones básicas, también se tocan algunas ideas que permitieron al diseño del banco de pruebas a proponer especialmente al Ingeniero Víctor Andrade, cuyo banco de prueba R633 con absorción de amoníaco, sirvió en gran medida para formar una idea general del banco de prueba que se deseaba para la Universidad Valle del Momboy a diferencia, que este último no sería con absorción de amoníaco, sino por compresión de vapor. Del mismo modo se visitaron y consultaron comercios relacionados con equipos y partes que se usarán el ciclo de vapor que se representara con la turbina de tesla para la solicitud de cotizaciones inherentes a los equipos necesarios para el diseño y construcción del banco de prueba.

El banco de prueba que se generó en esta investigación se denominará a partir de este momento banco de pruebas por medio de la turbina de tesla, que consta de 4 partes, la primera parte es la turbina de tesla que consta de la construcción de acrílico para que se observe mejor su funcionamiento basada en discos duros dañados para las placas giratorias separadores y un pequeño eje de rotación de aluminio todo esto colocado en una base con una entrada y salida de vapor, donde el vapor que entra es generado por un evaporador (caldera) es construido en acrílico con salida de vapor a altas temperaturas y alimentada por una bomba de medio hp (1/2 hp) para su bombeo continuo.

OBJETIVOS DEL BANCO DE PRUEBAS

- Mostrar a los alumnos de la Universidad Valle del Momboy a través de experimentos netamente práctico la composición de un sistema de

ciclo de potencia de vapor a través de la turbina de tesla que facilite el análisis y compresión de este ya estudiado en termodinámica.

- Identificar los principales elementos que componen un sistema de ciclo de potencia de vapor y sus funciones dentro de este.
- Cálculo de algunas variables de operación como coeficiente de operación.
- Coeficiente global de transferencia de calor bajo distintas condiciones de operación.
- Analizar la eficiencia de la turbina de tesla por medio del ciclo de potencia de vapor.

CAPACIDAD EXPERIMENTAL DEL BANCO DE PRUEBAS

El banco de pruebas está habilitado para realizar los siguientes ensayos:

- Demostrar el ciclo de potencia de vapor por medio de la turbina de tesla.
- Relación de temperatura vs. Entropía (diagrama T-s)
- La eficiencia de la turbina de tesla térmica o mecánica.
- Efecto de la temperatura de evaporación y condensación.
- Determinar de la tasa de transferencia general de calor entre el vapor y el agua en el evaporador.
- Estudio de los tiempos de evaporación del agua con las distintas potencias en la resistencia

COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

En la Turbina de Tesla, aire, vapor, aceite, o cualquier otro líquido se inyecta en el borde de una serie de discos paralelos sin problemas. La turbina regular opera mediante la transferencia de energía cinética de los fluidos en movimiento a la turbina de palas del ventilador. En la Turbina de Tesla, la energía cinética de transferencia de los bordes de los platos de delgado es muy pequeña. En lugar de ello, utiliza el efecto de capa límite, es decir, la adherencia entre fluidos en movimiento y el disco rígido. Este es el mismo efecto que causa el arrastre en los motores de los aviones en el vuelo y arranque de ellos.

Turbina de Tesla

A continuación se presentan los componentes de la turbina de tesla con sus medidas para su construcción. (Véase figura N°1)

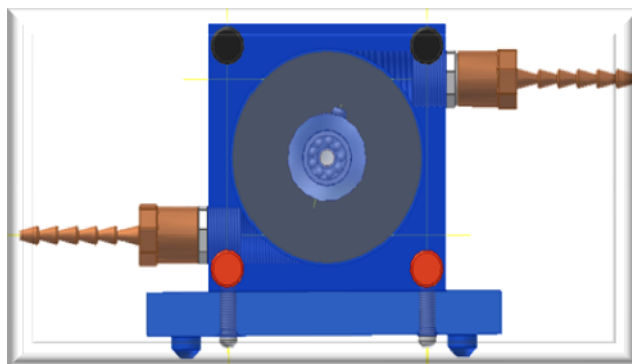


Figura N° 1: Turbina de Tesla diseño

Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Cámara de la turbina

Se utilizara como material acrílico ya que va a ser utilizado para prácticas de laboratorio, mostrado en público y para mayor apreciación. Se puede usar metal o incluso la madera. Sin embargo, si se planea utilizar en el vapor de aire, la madera puede ampliarse demasiado y hay pérdida de calor (Véase figura N°2)

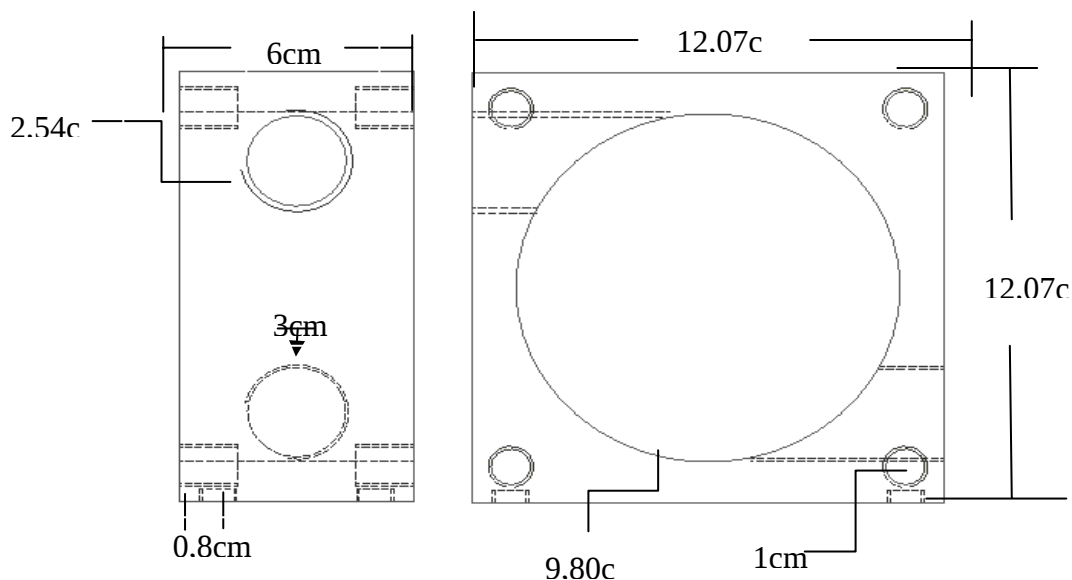


Figura N°2: Cámara de la turbina diseño

Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Paneles laterales (estatores)

Los dos agujeros de la turbina (uno a cada lado) son los únicos puertos de escape. Sin embargo, más agujeros de escape en los paneles laterales podría mejorar la eficiencia (Véase figura N°3)

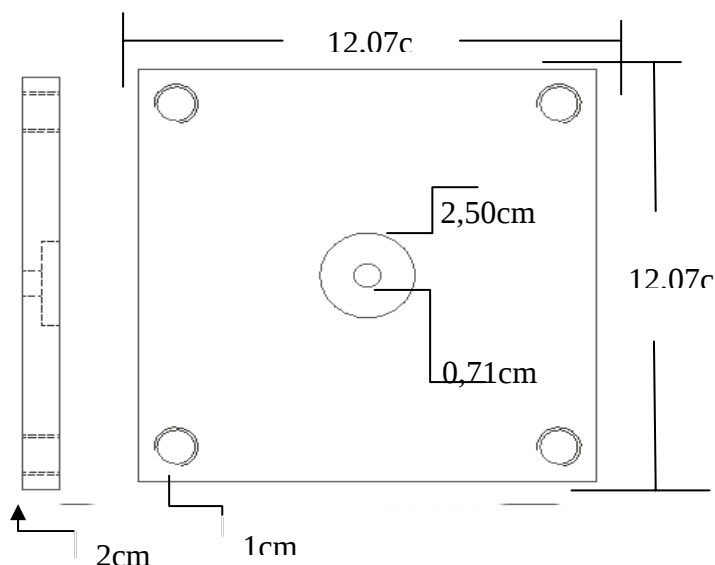


Figura N°3: Hacer los paneles laterales diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Platos de los disco duros

Son platos que se reciclaron de los discos duros. Su tamaño es preciso para el diseño a escala por el espacio que se cuenta en el laboratorio de Ingeniería Industrial, esto harán de función aspas donde fluiría el vapor y se hará girar (Véase figura N°4).

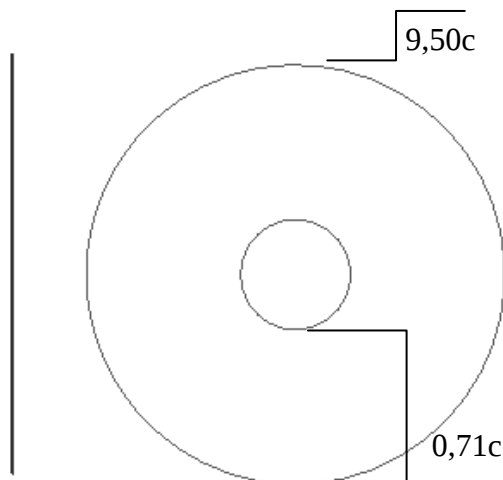


Figura N° 4: Platos de los disco duros diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Eje de los platos

Esto es sólo una pieza de aluminio de valores convertido en un torno. Las delgadas secciones en cada extremo se transforman para adaptarse a los rodamientos de bolas (Véase figura N°5).

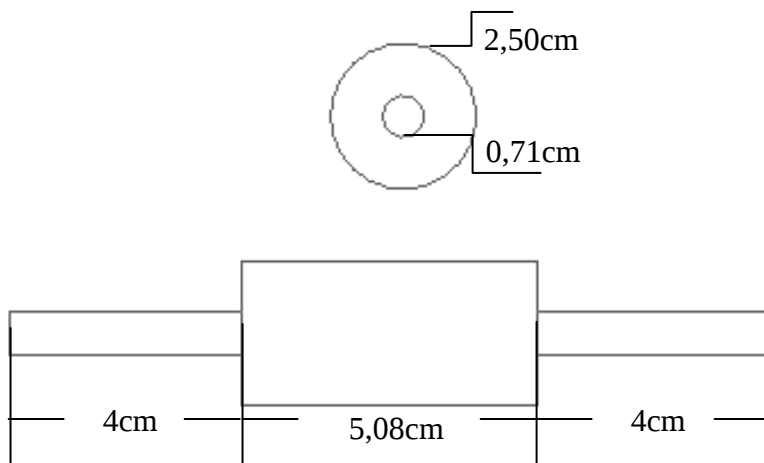


Figura N° 5: Eje de los platos
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Espaciadores

El espaciamiento ideal entre los platos depende de varias variables incluyendo la viscosidad del fluido, velocidad y temperatura o sólo la reutilización de los separadores desmontados en los discos duros (Véase figura N°6).

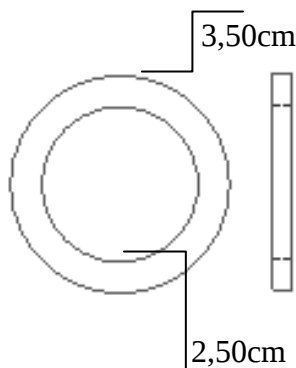


Figura N° 6: Espaciadores diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Collares

Los collares están hechos de aluminio más amplio, son versiones de los platos espaciadores mismo tamaño pero diferente el grosor. Es para unir los platos y los separadores para que a la hora de girar no tengan un juego (Véase figura N°7).

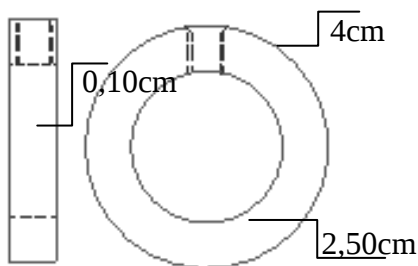


Figura N°7: Collares diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Rodamiento

También denominado rulemán, rolinera, rúleman, cojinete, balinera o balero (en México), rodaje (en Perú), es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, sirviéndole de apoyo y facilitando su desplazamiento.

De acuerdo al tipo de contacto que exista entre las piezas, el rodamiento puede ser deslizante o lineal y rotativo. El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación pueden ser: bolas, rodillos o agujas.

Los rodamientos de movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, los hay axiales, radiales y axiales-radiales. Un rodamiento radial es el que soporta esfuerzos radiales, que son esfuerzos de dirección normal a la dirección que pasa por el centro de su eje, como por ejemplo una rueda, es axial si soporta esfuerzos en la dirección de su eje, ejemplo en quicio, y axial-radial si los puede soportar en los dos, de forma alternativa o combinada. (Véase figura N°8).

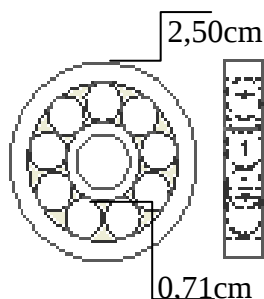


Figura N°8: Rodamiento
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Evaporador

Un evaporador es un intercambiador de calor entre fluidos, de modo que mientras uno de ellos se enfría, disminuyendo su temperatura, el otro se calienta aumentando su temperatura, pasando de su estado líquido original a estado vapor (cabiendo la posibilidad de un calentamiento interior, con lo que se dice que alcanza el estado de vapor sobrecalentado).

A fin de cuentas un evaporador, es un intercambiador de calor más complejo, en el que, además de producirse el cambio de fase pueden darse otros fenómenos asociados a la concentración de la disolución, como la formación de sólidos, la descomposición de sustancias y entre otros.

Los evaporadores se fabrican en muy diversos tamaños y con distintas disposiciones, siendo ampliamente utilizados empleados en gran cantidad de procesos térmicos. Los evaporadores, deben funcionar siempre a vacío parcial, pues esta medida reduce la temperatura de ebullición en la cámara de evaporación.

Es evidente que cuando se procede a la instalación de cascadas de etapas en serie, estas deben de ir en vacío sucesivo, es decir, en la cámara de cada evaporador debe haber siempre menos presión que en el anterior, y en el primero de ellos siempre menos de la atmosférica. De no ser así la evaporación no tendría efecto (Véase figura N°9).

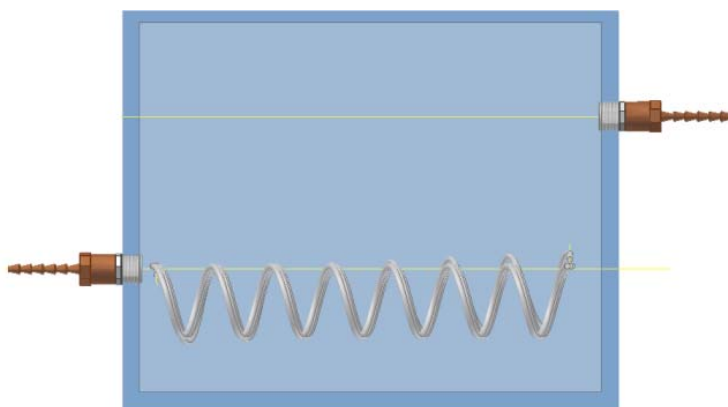
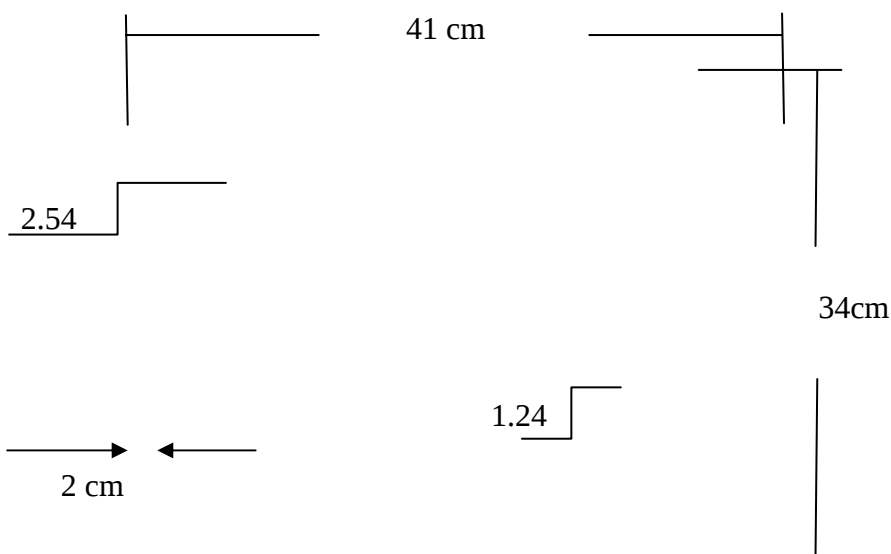
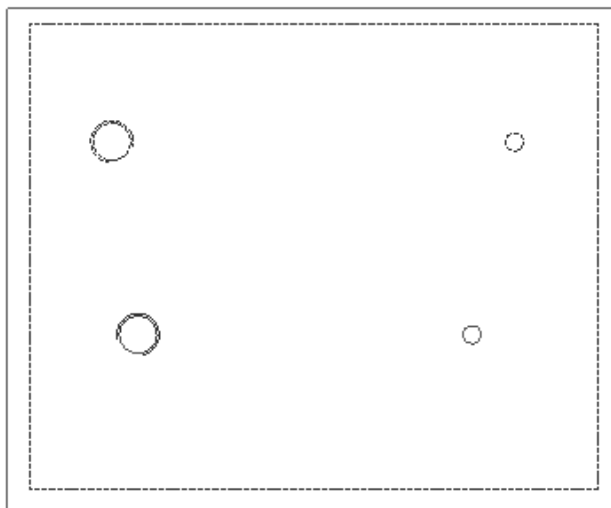


Figura N° 9: Evaporador diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Tanque del evaporador o caldera

El material de construcción es acrílico, este material se usa para a mejor perención del sistema. Y que es fácil de manejar y económico (Véase figura N°10).





**Figura N° 10: Tanque del evaporador diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008**

Resistencias

Se denomina resistencia eléctrica, de una sustancia, a la oposición que encuentra la corriente eléctrica para circular a través de dicha sustancia. Esta definición es válida para la corriente continua y para la corriente alterna cuando se trate de elementos resistivos puros, esto es, sin componente inductiva ni capacitiva. De existir estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

Según sea la magnitud de esta oposición, las sustancias se clasifican en conductoras, aislantes y semiconductoras.

Existen además ciertos materiales en los que, en determinadas condiciones de temperatura, aparece un fenómeno denominado superconductividad, en el que el valor de la resistencia es prácticamente nulo, para el banco de prueba fueron utilizada 4 resistencia cada una de ellas de 150W para un total de 600W. (Véase figura N°11)

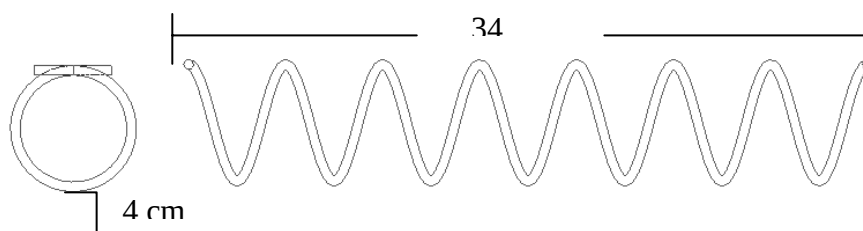


Figura N° 11: Resistencia diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Intercambiador de Calor

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera sólida o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

Un intercambiador típico es el radiador del motor de un automóvil, en el que el fluido refrigerante, calentado por la acción del motor, se refrigera por la corriente de aire que fluye sobre él y, a su vez, reduce la temperatura del motor volviendo a circular en el interior del mismo. Simón Singh (1998) describe los diferentes tipos de intercambiadores de calor.

Tipos de intercambiadores de calor.

Los intercambiadores de calor se clasifican en 4 tipos.

- Doble Tubo
- Carcasa y Tubo
- Flujo Cruzado
- Compacto

Con esto el intercambiador que se usara en la investigación es:

Carcasa y tubo: Es el intercambiador más ampliamente usado en la industria. En este intercambiador un fluido fluye por el interior de los tubos, mientras el otro es forzado a través de la carcasa y sobre el exterior de los tubos. Para asegurar que el fluido por el lado de la carcasa fluya a través de los tubos e induzca una mayor transferencia de calor, se colocan, deflectores

ó placas verticales. Es corriente encontrar intercambiadores de calor de 2, 4, 8, entre pasos de tubos. De la misma manera existe la posibilidad que exista varios pasos de carcasa (Véase figura N°12).

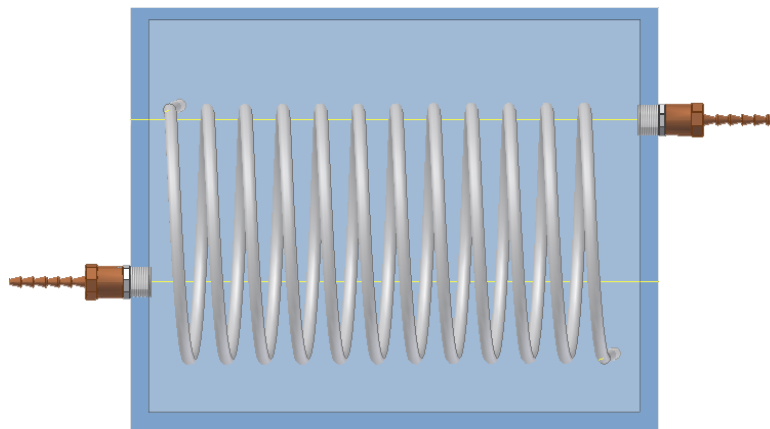


Figura N° 12: Intercambiador de calor diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Tanque del intercambiador de calor (carcasa)

El material de construcción es acrílico, este material se usa para a mejor perención del sistema. Y que es fácil de manejar y económico (Véase figura N°13).

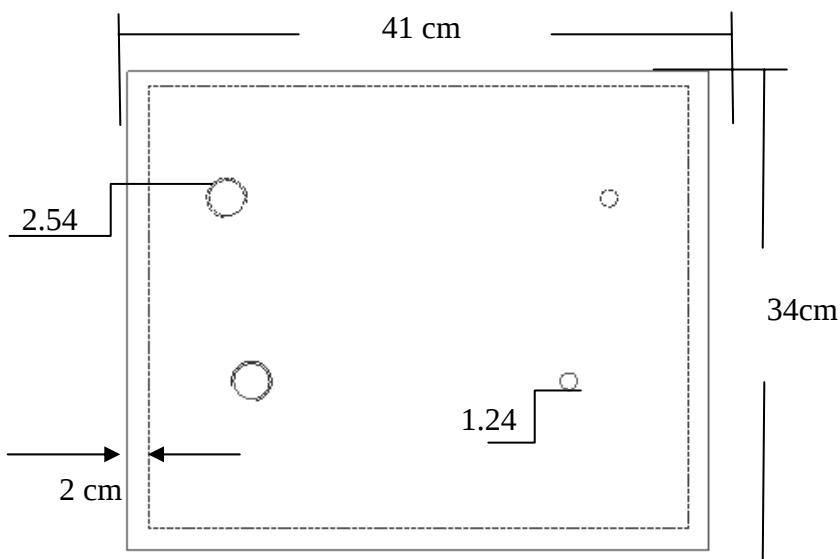


Figura N° 13: Tanque del intercambiador de calor diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Serpentina del intercambiador de calor

El material será de tubo de cobre en forma circular que recubra la mayor parte del tanque ya que es necesario condensar el vapor proveniente del la turbina de tesla en este circulara agua de temperatura ambiente (Véase figura N°14).

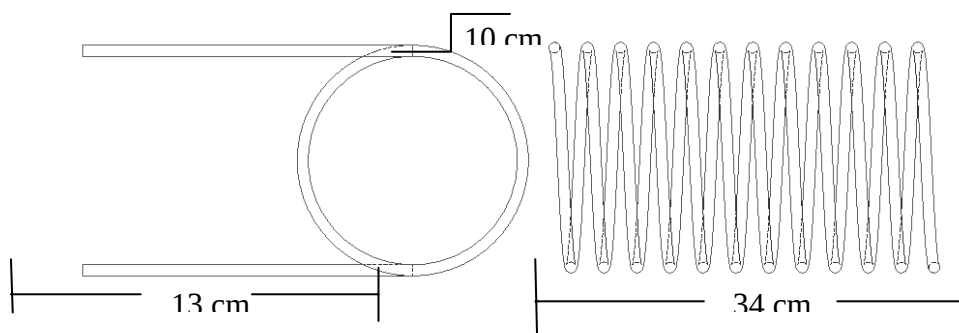


Figura N°14: Serpentina de cobre diseño
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Bomba de Agua

Una bomba es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud, para esta investigación fue necesario la potencia de la bomba de $\frac{1}{2}$ hp para transporta un flujo de másico de 5.0 kg de agua (5000 gr de agua o 5 litros) (Véase figura N°15).

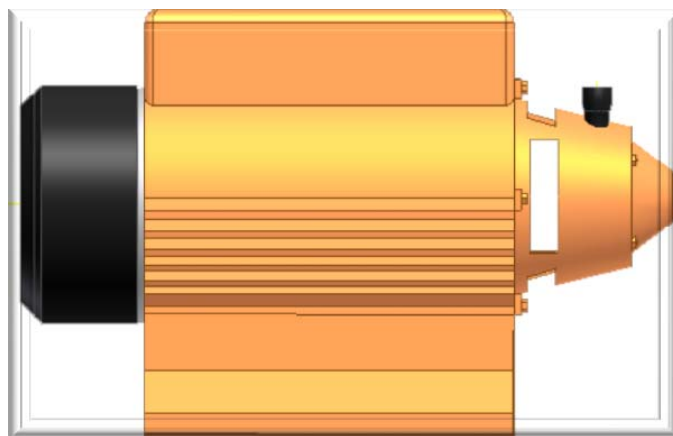


Figura N° 15: Bomba de agua diseño ½ hp
Fuente TERÁN, HERNANDEZ, 2008

Nota: Las dimensiones de los dispositivos han sido concebidas en base al espacio físico disponible en el laboratorio de ingeniería industrial, este es aproximadamente 1.5mts de largo y 1.5mts de ancho

POBLACION

La población de un estudio es el universo de la investigación, sobre el cual se pretende generalizar los resultados. Está constituida por características o estratos que le permiten distinguir los sujetos, unos de otros. (Chávez, 1994).

Para llevar a cabo la técnica de encuesta (cuestionario), se seleccionó una población de los estudiantes y profesores, de la Universidad Valle del Momboy, para determinar el nivel de conocimiento e información acerca de la variable objeto de estudio. Debido a que el número de la Población objeto de estudio es bastante reducido, no se hizo ningún muestreo, ésta se observará en su totalidad, por consiguiente, se tomará como muestra.

Muestra

La muestra es una parte representativa de la población. Es un subconjunto de elementos que pertenecen a un conjunto definido en sus características como población.

RESULTADOS

Análisis de los cálculos realizados

A continuación se muestra un resumen de los valores obtenidos la eficiencia térmica del sistema en los siguientes cuadros.

Tabla N° 01: Con pérdida de calor cálculos de la evaporación del agua

NOMBRE	FORMULA	RESULTADO
Temperatura	$T_i = T_a + \frac{P}{\alpha S}$	453.33°C
Tiempo	$t_1 = -\frac{m * c}{\alpha S} \ln \left(1 - \frac{P}{\alpha S} (100 - T_a) \right)$	2841.73s = 47,36 min
La masa	$m_e = \frac{1}{L_v} (P - \alpha S (100 - T_a)) (t - t_1)$	1.58

Fuente: TERÁN, HERNANDEZ, (2008)

En la tabla N° 01 se obtuvieron los valores para el tiempo de evaporación del agua con una pérdida de calor de 1.5J/°C para esto se obtuvo que el tiempo que se comenzara a evaporar 5 litros de agua es de 47 min a una temperatura 450°C todo esto llevara q se evapore 1.58 litros de agua en 2 horas.

Tabla 02: Sin pérdida de calor cálculos de la evaporación del agua

NOMBRE	FORMULA	RESULTADO
Tiempo sin perdida	$t_1 = \frac{m * c (100 - T_a)}{p}$	2572,31 seg = 42,87 min
La masa	$m_e = \frac{P (t - t_1)}{L_v}$	2,02

Fuente: TERÁN, HERNANDEZ, (2008)

En la tabla N° 02 se adquirió los valores para el tiempo de evaporación del agua sin pérdida de calor para esto se obtuvo que el tiempo que se comenzara a evaporar 5 litros de agua es de 42 min a una temperatura 450°C todo esto llevara q se evapore 2,02 litros de agua en 2 horas.

Tabla 03: Cálculos de ciclo de potencia de vapor

NOMBRE	FORMULAS	RESULTADO
Estación 1		
Presión	P_1	15 kPa
Entalpía 1	$h_1 = h_f$	225,94 kJ/kg
Volumen Especifico	$v_1 = v_f$	0,001014 m ³ /kg
Estación 2		
Presión 2	P_2	20Mpa
Entropía 2	$S_2 = S_1$	4,0143 kJ/kg*k
Potencia de la Bomba	$W_{bom, in} = v (P_2 - P_1)$	20,26479 kJ/kg
Entalpía 2	$h_2 = h_1 - W_{bom, in}$	246,20479 kJ/kg
Estación 3		
Presión 3	P_3	20 Mpa
Temperatura 3	T_3	450°C
Entalpía 3	H_3	3061,7 kJ/kg
Entropía	S_3	5,9043 kJ/kg*k
Estación 4		
Presión 4	P_4	15 kPa
Entropía	$S_4 = S_3$	5,9043 kJ/kg*k
Calidad de vapor	$x_4 = \frac{S_4 - S_f}{S_{fg}}$	0,710046607 = 71%
Entalpía 4	$h_4 = h_f + (x_4 * h_{fg})$	1910,383565 kJ/kg
Calor de entrada	$q_{en} = h_3 - h_2$	2815,49521 kJ/kg
Calor de salida	$q_{sal} = h_4 - h_1$	1684,44 kJ/kg
Trabajo del sistema	$N_{sist} = 1 - \left(\frac{q_{sal}}{q_{en}} \right)$	0,401723875 = 40,17 %

Fuente: TERÁN, HERNANDEZ, (2008)

En las tablas anterior se observa la data que se puede recoger con los valores del tiempo de evaporación del agua, temperatura de evaporación y la potencia de la resistencia, comenzando a una presión de 15kPa para la primera estación con ello se obtiene la entalpía y el volumen específico, para la segunda estación una presión de 20MPa ya que la bomba de agua a usar tiene esa presión siendo de ½ hp media/baja modificada para esa presión y un caudal de 19 lts/min.

La potencia de la bomba su valor logrado es de 20,26 kJ/kg con ello se calcula la entalpía de la estación, a la final de cálculo los valores que se

muestra en la tabla anterior y dando una calidad de vapor del 71% y una eficiencia térmica del sistema 40,17% q es la que se necesita y la correcta para el ciclo Rankine

Propuesta económica

En esta etapa de la investigación el objetivo es conocer el valor económico que implicaría construir el banco de prueba del ciclo de vapor, se especifican la lista de materiales necesarios para la construcción del banco mano de obra y algunos materiales para el mantenimiento del banco de pruebas.

Los precios fueron suministrados por diferentes lugares del estado Trujillo como se muestras en el siguiente cuadro (Véase tabla N°04)

Tabla N°04: Lugares donde se adquirió presupuestos

NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	UBICACIÓN
Tornillos Julios C.A	Valera Edo. Trujillo
Aluminio Ruiz C.A.	Valera Edo. Trujillo
Mil Ceramicas C.A.	Valera Edo. Trujillo
Ferrexpress C.A	Valera Edo. Trujillo
Mersur C.A	Valera Edo. Trujillo
Ferka C.A	Valera Edo. Trujillo
Macro	Valera Edo. Trujillo
Acrilum C.A	Valera Edo. Trujillo

Fuente: TERAN, HERNANDEZ, (2008)

TABLA N° 05 Costos de materiales necesarios para la construcción del banco de prueba del ciclo de potencia de vapor

MATERIAL	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD DE MATERIAL	TOTAL
Acrílico	10Bsf	15mts	150Bsf
Disco Duros Dañados	N/A	12 Unidades	0Bsf
Tornillos largos	2Bsf	4 Unidades	8Bsf
Tornillos cortos	1Bsf	6 Unidades	6Bsf
Tuercas	0,85Bsf	4 Unidades	3,4Bsf
Manguera	2,5Bsf	15mts	37,5Bsf
Resistencias 150W	125Bsf	4 Unidades	500Bsf
Cable	1,45Bsf	20mts	29Bsf
Bomba ½ hp	245Bsf	1 Unidad	245Bsf
Tubo de cobre ½"	7Bfs	7mts	49Bfs
Rodamientos	10Bsf	2 Unidades	20Bsf

Juego manómetro	70Bsf	4 Unidades	280 Bsf.
Sensores de Temperatura	102,7Bsf	2 Unidades	205,4
Eje de los discos	50Bsf	1 Unidad	50Bsf
Silicona de vidrio	22Bfs	1 Unidad	22Bfs
Niples de macho hembra	3Bfs	6 Unidades	18Bsf
Niples	6Bsf	6 Unidades	36Bfs
Interruptor de presión digital	248Bsf	1 Unidad	248Bsf
Doblador de tubo de cobre	26,90	1 Unidad	26,90
Apagadores	5Bsf	4 Unidades	20Bsf
Abrazadera	2Bsf	2 Unidades	4Bsf
TOTAL			1958,2Bfs

Fuente: Cálculo propio realizado por la investigación **TERAN, HERNANDEZ, 2008**

Nota: Los disco Duros dañados son adquiridos de forma gratuita ya que están dañado y solo se usaran los platos internos.

Ahora, además de los materiales necesarios para la construcción del banco de prueba, también se requiere de otros materiales que sirvan para el mantenimiento continuo de este dispositivo, entonces, también se hace necesario incluir los costos de estos materiales, costos que después se sumaran a los costos de la tabla (colocar en numero de la tabla anterior) para obtener los costos totales.

TABLA N° 06 Costo de los materiales necesarios para el mantenimiento del banco de pruebas

MATERIAL	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD DE MATERIAL	TOTAL
Alicate de corte	16Bsf	1 Unidad	16Bsf
Alicate de presión con perforadora	2Bsf	1 Unidad	21Bsf
Alicate de presión con mordaza	18,40	1 Unidad	18,40
Multimetro	60Bsf	1 Unidad	60Bsf
Manguera	2,5Bsf	5mts	12,5Bsf
Silicona de vidrio	22Bfs	1 Unidad	22Bfs
Cable	1,45Bsf	5mts	7Bsf
Artículos de limpieza	15Bsf	varios	15Bsf
TOTAL			171,9Bfs

Fuente: Cálculo propio realizado por la investigación **TERAN, HERNANDEZ, (2008)**

Sumando a todo esto están los costos de la mano de obra, los cuales será de **550Bsf**.

Los costos totales serán entonces la sumatoria de las tablas anterior, teniendo así que el costo total de construcción del banco de pruebas será de **1958,2Bfs + 171,9Bfs + 550Bsf = 2710,1Bsf**

CONCLUSIONES

- El banco de prueba de ciclo de potencia de vapor sirve como un instrumento para mostrar a los alumnos de la Universidad Valle del Momboy a través de experiencias netamente prácticas la composición de un sistema de vapor a través de la turbina de tesla que facilite el análisis.
- El flujo másico alcanzado es de 5 kilogramos el cual son necesario para obtener una presión de vapor requerida de 20MPa y usando una potencia en la resistencia de 650 w para su evaporación.
- Logrado un 71% de la calidad de vapor para su mejor eficiencia lo que aumenta el rendimiento en el proceso.
- Dando por resultado un 20,26 kJ/kg del trabajo de la bomba y así obtener un calor de entrada de 2815,50 kJ/kg y un calor de salida de 1684,44 kJ /kg. para una mejor eficiencia térmica.
- La eficiencia térmica fue de un 40,14% siendo la de un ciclo Rankine, la más adecuada, el cual es requerida para que el sistema se realizara y trabajara correctamente.
- Los costos totales fueron la sumatoria de los materiales necesarios, los materiales para el mantenimiento y la mano de obra, teniendo así que el costo total de construcción del banco de pruebas será de 2710,1Bsf
- Otros experiencia que de manera común el estudiante ya como profesional vera dentro de su ámbito laboral, será la evaporación del agua, la temperatura, a que tiempo el trabajo la eficiencia de la turbina de tesla, es por ellos que también incluyeron dentro de las experiencias a desarrollar.

BIBLIOGRAFÍA

- **ANDRADE; V:** *Práctica de transferencia de Calor*, Biblioteca editorial Universidad Santiago de Chile, Primera edición, Páginas 42. Año 2003
- **AZUAJE; A.:** *Principios de la refrigeración*, Editorial Porto Blanco, Primera edición, Páginas 328. Año 2006
- **BORJAS; J.:** *Acondicionamiento del aire y refrigeración*, Editorial Maltinas, Segunda edición, Páginas 97. Año 2003
- **Guía de Apoyo para las UNO:** La Eliminación de SAO en los países en Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División de Tecnología, Industria y Economía. (PNUMA-DTIE), Primera Edición, Páginas 104, Año 2001.
- **Buenos Procedimientos en Refrigeración-Manual de Instrucción:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División de Industria y Ambiente, (PNUMA-IA), Primera Edición, Páginas 426, año 1994.
- **CENGEL Y BOLES:** Termodinámica, Editorial Mac Graw Hill, cuarta edición, Páginas 830. Año 2001
- **Compresor SD, Manual de Mantenimiento**, SANDEN International USA, Primera edición. Páginas 33, año 1999.
- **CORONA WILLIAMS Y OTROS:** *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*, editorial universidad de La florida (USA), Páginas 305. Año 2003
- **GALTUNA; J.:** *El buen diseño de la investigación, como medio para el logro de lo objetivos*, editorial Argeeditores, tercera edición, Páginas 207. Año 1995
- **HERNÁNDEZ; E.:** *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*, editorial Los Ilustres, cuarta edición, Páginas 1208. Año 1998
- **LAORDEN; J.:** *Detalles de instalaciones de refrigeración y aire acondicionado*, Editorial Buena Vista, Tercera edición, Páginas 938. Año 1993.
- **LARRAZABAL; M.:** *Manual práctico de refrigeración*, Fondo editorial Universidad de los andes, primera edición, páginas 436. Año 2003
- *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, Normas de competencia laboral obligatorias*, Unidad técnica ozono-Colombia. Tercera Edición. Páginas 12, año 2003.
- **RAMÍREZ; C.:** *Ciclos de máquinas térmicas*, Doeditores, Cuarta edición, Páginas 401. Año 2003
- **RIVERO; J.:** *Ciclos de refrigeración por compresión*, Universidad de Las Américas, Primera edición, Páginas 148. Año 2000

- **ROSALES; J.: *Cálculo de cargas térmicas; una guía práctica para conocer sus requerimientos de refrigeración***, Editorial Universidad Del Zulia, Primera edición, Páginas 108. Año 2000
- **ZAMBRANO; S.: *Fundamentos Básicos de Mantenimiento***, Fondo Editorial Universidad Experimental del Táchira (FEUNET), primera edición, Páginas 130. Año 2005.

Reseña Curricular

D. Hernández: Profesora instructor de la Universidad Valle del Momboy. Venezuela. Ingeniero Químico. Experto Universitario en Diseño Instruccional para Educación en Línea. Encargada de Líneas de Investigación en el Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Facultad de Ingeniería de UVM. Investigadora en el área de diseño de equipos industriales. Principal área de interés: Diseño.